

L4 ANSWER 1 OF 1 WPIDS COPYRIGHT 2005 THE THOMSON CORP on STN  
AN 1976-A0622X [01] WPIDS

TI Current converter controlled travelling field machine - has winding  
inserted in oblique grooves in yoke middle shank in specified  
configuration.

DC X13

PA (BROV) BBC BROWN BOVERI & CIE AG

CYC 1

PI DE 2426968 A 19760102 (197601)\* <--

PRAI DE 1972-259826 19741009; DE 1974-2426968 19740604

IC H02P007-36

AB DE 2426968 A UPAB: 19930901

The travelling field machine is operated at a variable linear speed from an alternating or direct current source via respective current converters and uses a drive system, as in 2259826. If the machine is designed as a linear asynchronous machine with a travelling field for the drive of a magnetically suspended vehicle, the winding is inserted in grooves, extending transversely to the longitudinal direction of the machine. The grooves are arranged in a yoke which can be U-, E-, or V-shaped. The design of the winding is such that the direct current components of the currents flowing through the winding have in the winding head identical direction. Thus a winding head flux is generated, which provides a direct flux through the machine iron, this flux exerting a suspension force on the secondary part of the travelling field machine.

FS EPI

FA AB

1980 2/14/80 12:14:21

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

02P 20 146

(51)

Int. Cl. 2:

H 02 P 7-36

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 24 26 968 A1 84

(11)

# Offenlegungsschrift 24 26 968

(21)

Aktenzeichen:

P 24 26 968.9

(22)

Anmeldetag:

4. 6. 74

(43)

Offenlegungstag:

2. 1. 76

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31) —

(54)

Bezeichnung:

Stromrichtergesteuerte, elektrische Wanderfeldmaschine

(61)

Zusatz zu:

P 22 59 826.1

(71)

Anmelder:

Brown, Boveri & Cie AG, 6800 Mannheim

(72)

Erfinder:

More, Wolfgang, Dipl.-Ing., 6101 Gundershausen

5 Blatt Zeichnungen  
1 (5747-71) / 5.7.74  
eingetragen

MANNHEIMER GELB- & OEL-ARTHEMGESELLSCHAFT

2426968

Mp.-Nr. 571/74

Mannheim, den 28. Mai 1974  
ZFE/P1-H/Bt

Stromrichtergesteuerte, elektrische Wanderfeldmaschine.

Das Hauptpatent (Patentanmeldung P 22 59 826.1) betrifft eine Antriebsanordnung bestehend aus einer mit variabler Winkelgeschwindigkeit bzw. Lineargeschwindigkeit betriebenen, aus einer Wechsel- oder Gleichstromquelle über Stromrichter gespeisten elektrischen Drehfeld- bzw. Wanderfeldmaschine, wobei zur Speisung der Wicklungen der elektrischen Maschine ein Stromrichter dient, der drei jeweils von einem Gleichstrom überlagerte Wechselströme erzeugt, die ein Drehstromsystem bilden, und die Wicklung der elektrischen Maschine so aufgebaut ist, daß jeweils zwei Wicklungsstränge oder Leiterstäbe in einer Nut so angeordnet sind, daß die Gleichstromglieder der Ströme entgegengesetzte Vorzeichen aufweisen und die von den Gleichstromgliedern erzeugten Durchflutungen der beiden in jeweils einer Nut liegenden Wicklungsstränge bzw. Leiterstäbe sich gegenseitig in der Nut aufheben, die Wechselstromglieder jedoch zusammenwirkend ein Wanderfeld erzeugen. Der Erfindung entsprechend dem Hauptpatent liegt die Aufgabe zugrunde, den Aufwand für den die erwähnte Drehfeld- bzw. Wanderfeldmaschine speisenden Stromrichter zu verringern.

Die Aufgabe der neuen Erfindung besteht bei Anwendung der im Hauptpatent vorgeschlagenen Maßnahmen darin, Weiterbildungen der dort erwähnten elektrischen Wanderfeldmaschinen anzugeben, welche insbesondere für magnetische Schwebefahrzeuge anwendbar sind, und wobei eine Vereinigung einerseits der Drehstromwick-

2426968

lung für den Vortrieb - bei Synchronmaschinen auch der Erregerwicklung - und andererseits der Wicklung der Führungs- und Tragsmagnete in einer einzigen Wicklung erfolgt, welche letztere von einem gemeinsamen Stromrichterstellglied gespeist wird, das die beiden Funktionen des Vortriebes und der Führung bzw. des Tragens des Fahrzeuges in weiten Grenzen unabhängig voneinander zu regeln gestattet.

Für diese Aufgabe werden im folgenden zwei Lösungen und Weiterbildungen zu diesen angegeben.

Bei der ersten Lösung dieser Aufgabe ist bei der eingangs erwähnten Anordnung die elektrische Maschine erfindungsgemäß als asynchrone Wanderfeldmaschine für den Antrieb eines magnetischen Schwebefahrzeuges ausgebildet, und die Wicklung ist in quer zur Längserstreckung der Maschine verlaufenden Nuten des Mittelschenkels eines im Querschnitt U-, E- oder V-förmigen Joches eingelegt und so ausgebildet, daß die Gleichstromglieder der die Wicklung durchfließenden Ströme im Wickelkopf die gleiche Fließrichtung haben, so daß eine Wickelkopfdurchflutung erzeugt wird, die einen Gleichfluß durch den Eisenteil treibt, welcher eine tragende Kraft auf den Sekundärteil der Wanderfeldmaschine ausübt. Wird ein einseitiger asynchroner Linearmotor mit Sekundärteil ohne magnetischen Rückschluß betrieben, so ist infolge der elektrodynamischen Abstoßung zwischen Primärteil und Sekundärteil bei geeigneter Dimensionierung elektrodynamisches Schweben des Fahrzeuges möglich, sofern die Frequenz der im Sekundärteil induzierten Ströme ausreichend hoch ist. Dieses elektrodynamische Schweben bedarf zum stabilen Fahrbetrieb eines geregelten Stromrichterstellgliedes. Dieses ist in Form des speisenden Stromrichters bei der neuen Anordnung bereits vorhanden, so daß sich der Aufwand hierfür bei der beschriebenen Antriebsanordnung gegenüber anderen Lösungen verringert.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung kann die Wicklung eine als Zweischichtwicklung ausgebildete Schleifen- oder Wellenwicklung sein, wobei der Wickelschritt um ein Drittel Polteilung verkürzt ist.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung besitzt die asynchrone Wanderfeldmaschine eine mehrgängige Wellenwicklung als ungesehnte Zweischichtwicklung doppelter Zonenbreite.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß die Wicklung als Dreischichtwicklung mit konzentrisch zueinander liegenden Spulen verschiedener Weite ausgebildet ist, wobei die Spulen einer Phase jeweils nur in einer Ebene liegen und die nicht von Leitern belegten Teile der Nuten als Kühlkanäle ausgebildet sind. Dabei sind die Spulengruppen im Mittel ungesehnt ausgebildet. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht in einer geringeren Breite der Wickelköpfe und der einfacheren Herstellung der Spulen.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, daß bei einem im Querschnitt E-förmigen Joch der Wanderfeldmaschine, diesem ein magnetischer Rückschluß, eine Leiterplatte sowie eine Tragschiene gegenübersteht, wobei zwischen diesen und dem Joch ein Luftspalt besteht und die Breite der Leiterplatte etwa dem Abstand der inneren Kanten der beiden äußeren Schenkel entspricht, während die Breite der Tragschiene etwa dem Abstand der äußeren Kanten der beiden äußeren Schenkel und die Breite des magnetischen Rückschlusses der Breite des mittleren Schenkels entspricht. Bei einer einseitigen Ausführung eines asynchronen Linearmotors mit Sekundärteil und magnetischem Rückschluß ist neben den elektrodynamischen Abstoßungskräften eine größere elektromagnetische Anziehungskraft wirksam, welche zum Tragen des Fahrzeuges zumindest unterstützend beiträgt. Stabiles Tragen und Führen des Fahrzeuges erfordert eine Regelung der elektromagnetischen Anziehungskraft, welche mit Hilfe des vorhandenen Stromrichters erfolgen kann.

2426968

Bei den jetzt vorgeschlagenen Ausführungsformen der Erfindung lassen sich, zusätzlich zu der Einsparung am Stromrichter bei der Ausführung nach dem Hauptpatent, sowohl die Tragwicklung als auch die Stellglieder für die Speisung der Trag- und Führungsmagnete einsparen.

Bekanntlich entstehen bei einseitigen Wanderfeldmaschinen zusätzlich zu der Kraftkomponente in Vortriebsrichtung dazu senkrechte Kraftkomponenten, die bei Asynchronmaschinen, deren Sekundärteil einen magnetischen Rückschluß hat, als Anziehungskräfte zwischen Sekundärteil und Primärteil wirken.

Mit abnehmendem Abstand (Luftspalt) nehmen diese Anziehungskräfte zu. Der Luftspalt muß daher durch geeignete Maßnahmen stets konstant gehalten werden, beispielsweise durch mechanische oder elektromagnetische Führung. In einer in der ETZ-A 1953, Seite 10 bis 15 unter dem Titel "Eisenbahnfahrzeuge mit elektromagnetischer Schwebeführung" abgedruckten Veröffentlichung von H. Kemper sind von Wanderfeldmaschinen getriebene Fahrzeuge beschrieben, welche mittels getrennter Trag- und Führungsmagnete oder auch mittels an der Wanderfeldmaschine angebrachter zusätzlicher Tragwicklungen das Fahrzeug tragen und führen.

Im Gegensatz zu den bekannten Ausführungen erfolgt bei der Anordnung nach der Erfindung eine Verringerung des Aufwandes, die einerseits durch die Einsparung der Tragwicklung und andererseits durch die Einsparung eines getrennten Tragstromstellgliedes erzielt wird. Durch Zusammenlegung der Stellglieder für Ankerdrehstrom und Traggleichstrom, bzw. Trag- und Erregergleichstrom zu einem Mischstromstellglied ergibt sich eine weitere Vereinfachung dann, wenn, wie bei der Anordnung nach der Erfindung, das Gleichstromglied größer ist als die Amplitude des Wechselstromgliedes, da sich hier der Aufwand für den Stromrichter wesentlich verkleinern läßt.

Zur elektromagnetischen Lageregelung geeignete Systeme bedürfen, um ausreichend schnelle Änderungen des magnetischen Flusses zu erzielen, einer genügend großen Übererregungsspannung. Bei getrennter Erregeranordnung ist dadurch der Stromrichteraufwand der Tragmagnetstromkreise bestimmt.

In der kombinierten, mit Mischstrom gespeisten Vortriebs- und Trageinrichtung ist die zur Übererregung des Erregerfeldes nötige Spannungsreserve ohne Mehraufwand vorhanden, da der zur Erzeugung des Wanderfeldes dienende Umrichter eine ausreichend schnelle Flußänderung auch für das Gleichfeld hervorrufen kann.

Nach der zweiten Lösung der gestellten Aufgabe ist bei der eingangs erwähnten Anordnung die elektrische Maschine erfindungsgemäß als synchrone, homopolare Wanderfeldmaschine mit einem Primärteil und einer diesem gegenüberliegenden Reaktionsschiene ausgebildet und für den Antrieb eines magnetischen Schwebefahrzeuges vorgesehen und dabei die Wicklung in einer solchen Weise ausgebildet, daß die Gleichstromglieder der die Wicklung durchfließenden Ströme im Wickelkopf die gleiche Fließrichtung aufweisen, so daß eine Wickelkopfdurchflutung erzeugt wird, die einen Gleichfluß durch den Eisenteil treibt, welcher zur Erregung der Maschine dient, und die durch das Magnetfeld der Gleichdurchflutung ausgeübte Kraft wird zusätzlich zum Tragen des Schwebefahrzeuges herangezogen. Die erwähnte Gleichdurchflutung wirkt somit als Erregerdurchflutung, erzeugt durch die magnetischen Leitwertschwankungen der Reaktionsschiene ein moduliertes Erregerwanderfeld und die erwähnte zusätzliche Kraft zum Tragen des Schwebefahrzeuges.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist die Wicklung der synchronen Wanderfeldmaschine als ungesehnte Zweischichtwicklung doppelter Zonenbreite ausgebildet.



Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß die homopolare synchrone Wanderfeldmaschine eine im Mittel ungesehnte Dreischichtwicklung doppelter Zonenbreite aufweist. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht, wie bei der bereits oben erwähnten Wicklung für eine asynchrone Wanderfeldmaschine in einer geringeren Breite der Wickelköpfe und in der einfacheren Herstellung der Spulen.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, daß die homopolare synchrone Wanderfeldmaschine zwei beidseitig der Reaktionsschiene angeordnete Anker mit jeweils einer getrennten Wicklung aufweist, welche durch ein U-förmiges magnetisches Joch verbunden sind. Durch getrennte Regelung der Gleichstromglieder der die beiden Wicklungen durchfließenden Ströme ist eine sichere Führung der Reaktionsschiene in der Mitte zwischen den beiden Ankern möglich.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung weist der Primärteil der elektrischen Wanderfeldmaschine einen E-förmigen Querschnitt auf, wobei die die Wicklung aufnehmenden Nuten etwa rechtwinklig zur Längserstreckung von der Oberseite des mittleren Schenkels her nach innen verlaufen. Bei dieser Anordnung mit E-förmigem Querschnitt des Primärteiles kann durch Regelung der Erregung und damit der Anziehungskraft zwischen Primärteil und Joch einerseits und Reaktionsschiene andererseits, erreicht werden, daß der Abstand der letzteren konstant bleibt und die Antriebsanordnung das Fahrzeug trägt.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist der Primärteil der elektrischen Wanderfeldmaschine einen U-förmigen Querschnitt auf, wobei die beiden äußeren Schenkel jeweils Nuten aufweisen, welche etwa rechtwinklig zur Längserstreckung von der Oberseite der Schenkel nach innen verlaufen und in welche zwei getrennte Wicklungen eingelegt sind. Bei dieser Ausführungsform kann zwischen den beiden mit Wicklungen versehenen Schenkeln ein zusätzlicher Streusteg vorgesehen sein.

Bei dieser Anordnung ist bei getrennter Regelung der Gleichstromglieder der die beiden Anker durchfließenden Ströme eine zusätzliche Möglichkeit zur Regelung der Lage des Fahrzeuges gegeben.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist schließlich vorgesehen, daß der Primärteil einen V-förmigen Querschnitt aufweist, wobei die den Schenkeln des Primärteiles gegenüberstehenden Flächen der Reaktionsschiene quer zur Längserstreckung der Maschine verlaufen und auch die diesen Flächen zugewandten Flächen der V-förmigen Schenkel etwa die gleiche Schrägung aufweisen und die die Wicklung aufnehmenden Nuten in den Schenkeln eine gleichmäßige Tiefe haben. Der Neigungswinkel der Flächen der V-förmigen Schenkel und der diesen gegenüberstehenden Flächen der Reaktionsschiene wird durch das Verhältnis der erforderlichen Führungs- und Tragkräfte zueinander bestimmt.

Schließlich kann bei sämtlichen der vorherbeschriebenen Ausführungsformen die Anordnung des bzw. der die Wicklung tragenden Schenkel des Primärteiles in einzelne hintereinander angeordnete Blechpakete von der Breite eines Zahns aufgelöst sein und die Wicklung sich in den Zwischenräumen zwischen diesen Zähnen befinden.

Bei den oben beschriebenen Anordnungen ist es dabei gleichgültig, ob die Reaktionsschiene oder die Anordnung des Primärteiles ortsfest erfolgt oder am Fahrzeug befestigt sind.

Die Schaltung der die Wanderfeldmaschine speisenden Stromrichter kann in der gleichen Weise ausgebildet sein, wie bei der im Hauptpatent beschriebenen Anordnung. Bei einer weiteren Ausbildungsform der die elektrische Wanderfeldmaschine speisenden Stromrichteranordnung besteht diese erfindungsgemäß aus drei gesteuerten Drehstromgleichrichtern in Mittelpunktschaltung, und ein zusätzlicher gesteuerter Drehstromgleichrichter mit umgekehrter Durchlaßrichtung ist zwischen dem Sternpunkt

des in Stern geschalteten Antriebsmotors und den Anschlüssen der ebenfalls in Stern geschalteten Sekundärwicklungen des Stromrichtertransformators zwischengeschaltet. In zweckmäßiger Weise erfolgt die Steuerung des Drehstromgleichrichters in einer solchen Weise, daß das Gleichstromglied des die Wicklungen durchfließenden Stromes größer ist als die Amplitude des Wechselstromgliedes.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß an die Anschlüsse eines in Stern geschalteten Sekundärteiles des Stromrichtertransformators über jeweils drei Drehstromgleichrichter mit jeweils umgekehrter Durchlaßrichtung zwei elektrische Maschinen angeschlossen sind, wobei diese Maschinen in Stern geschaltet und die Sternpunkte der beiden Maschinen miteinander verbunden sind.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, als Stromrichter für jeden der Wicklungsstränge jeweils ein Einrichtungsstromrichterstellglied dient.

Bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß als Stromrichter für jeden der Wicklungsstränge jeweils eine von einer separaten Wicklung eines Stromrichtertransformators gespeiste  $3n$ -pulsige Stromrichterbrückenschaltung dient, wobei  $n$  ganzzahlig ist.

Bei einer weiteren Ausführungsform dient als Stromrichter für jeden der Wicklungsstränge eine separate  $3n$ -pulsige Stromrichterschaltung, deren phasengleichen Eingänge parallel geschaltet sind, und die Ausgänge eines jeden Stromrichters sind mit den beiden Enden eines der elektrisch miteinander nicht verbundenen Wicklungsstränge verbunden.. Dabei sind die phasengleichen Eingänge der Stromrichter mit einem Drehstromnetz verbunden.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

- Fig. 1 das Schema einer Zweischichtwicklung nach der Erfindung,
- Fig. 2 das Schema einer Dreischichtwicklung nach der Erfindung,
- Fig. 3 ein Diagramm für die Gleichdurchflutung über die Länge einer synchronen Wanderfeldmaschine,
- Fig. 4 eine asynchrone Wanderfeldmaschine nach der Erfindung im Schnitt,
- Fig. 5 eine synchrone homopolare Wanderfeldmaschine mit U-förmigem Primärteil und zwei Wicklungen im Schnitt,
- Fig. 6 ein Schnittbild einer synchronen homopolaren Wanderfeldmaschine mit E-förmigem Querschnitt im Primärteil,
- Fig. 7 einen Schnitt durch eine Wanderfeldmaschine mit U-förmigem Primärteil und Streusteg mit zwei getrennten Wicklungen pro Schenkel,
- Fig. 8 eine ebensolche Wanderfeldmaschine, jedoch mit einem Primärteil mit V-förmigem Querschnitt,
- Fig. 9 eine Wanderfeldmaschine, bei der die die Wicklungen tragenden Schenkel in einzelne Blechpakete aufgelöst sind,
- Fig. 10 eine Stromrichteranordnung zur Speisung der erfindungsgemäßen Anordnung mit drei gesteuerten Drehstromgleichrichtern in Mittelpunktschaltung und
- Fig. 11 eine Stromrichteranordnung zur Speisung der Wanderfeldmaschine mit zwei gesteuerten Drehstromgleichrichtern, von denen jeder eine Wanderfeldmaschine speist, wobei die in Stern geschalteten Wanderfeldmaschinen mit ihrem Sternpunkt miteinander verbunden sind.

In den Zeichnungen sind mit a, b die Wicklungsschichten bei einer Ausführung als Zweischichtwicklung und mit c, d, e die Wicklungsschichten einer Dreischichtwicklung bezeichnet. Die Wicklungsspulen sind mit u - u, v - v und w - w bezeichnet.

Weiter ist mit 3 eine Zonenbreite, mit 4 eine doppelte Polteilung, mit 5 der im Blechpaket verlaufende Teil der Spulen und mit 6 die jeweiligen Stirnverbindungen bezeichnet. Die Pfeile in den Stirnverbindungen zeigen die Stromrichtung der sie durchfließenden Gleichstromglieder an.

Bei der in Figur 1 — dargestellten Zweischichtwicklung für eine homopolare synchrone Drehfeld- oder Wanderfeldmaschine oder auch für eine asynchrone Wanderfeldmaschine heben sich die Gleichstromkomponenten nur innerhalb des Eisenpaketes auf. Die Gleichstromkomponenten in den Wickelköpfen haben jeweils die gleiche Richtung und erzeugen die für das Erregerfeld erforderlichen Amperewindungen sowie die für das Tragen des Fahrzeuges erforderliche Kraft.

Das Gleiche gilt auch für die in Figur 2 dargestellte Dreischichtwicklung mit Spulen verschiedener Weite, die konzentrisch ineinander angeordnet und im Mittel ungeseht mit doppelter Zonenbreite ausgeführt sind. Hier ergeben sich, wie bereits vor erwähnt, besondere Vorteile bei der Ausführung des Wickelkopfes.

In den in den Figuren 4 bis 9 dargestellten Schnitten von Linear-motoren sind fernerhin mit 21 die die Wicklung aufnehmenden Blechpakete, mit 22 die Reaktionsschiene, mit 23 die Wicklung und mit 25 das Joch bezeichnet.

In den Zeichnungen für synchrone homopolare Wanderfeldmaschinen Figur 5 und 6 ist noch gestrichelt eine zusätzliche Tragwicklung 24 eingezeichnet, wie diese bei Maschinen bekannter Art vorgesehen werden muß. Diese Wicklung 24 ist bei Wanderfeldmaschinen nach der Erfindung nicht erforderlich. Weitere Bezugszeichen sind bei der Beschreibung der einzelnen Figuren erläutert.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Schnittbild einer asynchronen Linearmaschine nach der Erfindung ist der Primärteil im Querschnitt E-förmig ausgebildet und besteht aus einem U-förmigen Joch 25 sowie einem mittleren Schenkel 34, in dessen quer zur Längserstreckung des Primärteiles verlaufenden Nuten die Wicklung, im Ausführungsbeispiel eine Dreischichtwicklung, eingelegt ist. Dem Joch 25 steht das Sekundärteil mit einem Luftspalt 28 gegenüber. Es besteht aus der Tragschiene 29, dem magnetischen Rückschluß 30 und einer Leiterplatte 31. Der Gleichfluß verläuft über das Joch 25, die Luftspalte 28 und die Tragschiene 29 quer zur Fahrtrichtung. Der Fluß des magnetischen Wanderfeldes verläuft entweder in der Ebene in Fahrtrichtung oder wie der Gleichfluß quer zur Fahrtrichtung. Dabei ist im letzteren Falle das Joch 25 und die Tragschiene 29 geblecht ausgeführt.

Die bei mehrgängigen Wellenwicklungen erforderlichen Schaltverbindungen sind mit 32 bezeichnet und liegen wie die Wicklungen in den drei Schichten c, d, e außerhalb des Joches 25. Bei dieser Anordnung durchsetzt ein Teil des Gleichflusses das Joch 25 als Streufluß den aktiven mit 5 bezeichneten Teil. Eine magnetische Sättigung des aktiven Teiles erfolgt infolge der geringen Induktion des Wanderfeldes jedoch nicht.

Diese asynchrone Antriebsanordnung, die zugleich zum geregelten elektromagnetischen Tragen und/oder Führen dient, erhält z.B. eine mehrgängige Wellenwicklung als ungesehnte Zweischichtwicklung mit doppelter Zonenbreite nach Figur 1 oder als Dreischichtwicklung mit gleichgeformten Spulengruppen, die im Mittel ungesehnt sind, nach Figur 2. Durch die Ausbildung als Wellenwicklung haben diese Wicklungen an beiden Wickelköpfen 6 eine in gleicher Richtung wirksame Durchflutung. Durch eine getrennte Regelung der Gleichstromglieder der die Wicklung durchfließenden Ströme ist es dabei möglich, die zum elektrischen Tragen erforderlichen Kräfte getrennt von den Vortriebskräften zu steuern bzw. zu regeln.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß in den Randzonen, also in den Anfangs- und Endbereichen der in Figur 1 und 2 dargestellten Wicklungen nicht jedem von einem Gleichstrom durchflossenen Leiter einer Spule ein von einem entsprechenden Gleichstrom entgegengesetzter Richtung durchflossener Strom gegenübersteht, so daß die Gleichstromdurchflutung im Nutbereich nicht völlig aufgehoben wird.

Bei den in den Figuren 5 bis 9 dargestellten Wanderfeldmaschinen der synchronen homopolaren Bauart wird durch die Gleichstromnutdurchflutung der Anfangs- und Endbereiche der Wicklung und durch die Gleichstromwickelkopfdurchflutung eine Gleichdurchflutung  $\vec{Q}$  hervorgerufen, welche über die gesamte Länge der Maschine verläuft. Diese Durchflutung ist in Figur 3 dargestellt. Sie wirkt

13 - 12 -

2426968

als Erregerdurchflutung und erzeugt durch die magnetischen Leitwertschwankungen der Reaktionsschiene 22 ein moduliertes Erregerwanderfeld.

Ausführungsbeispiele für lineare homopolare Wanderfeldmaschinen sind in den Figuren 5 bis 9 dargestellt.

In den Ausführungsbeispielen Figur 5 und 6 ist von der Reaktionsschiene 22 nur der etwa eine Polteilung lange Bereich hoher magnetischer Leitfähigkeit dargestellt. Die Zwischenräume der dargestellten Teile der Reaktionsschiene sind mit einem unmagnetischen, in der Zeichnung nicht dargestellten Material ausgefüllt, welches die beiden Bereiche der Reaktionsschiene 22 mechanisch verbindet. Die in den Zeichnungen Figur 8 und 9 dargestellten Schnitte stellen jeweils nur den Bereich hoher magnetischer Leitfähigkeit dar.

In der Figur 5 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen homopolaren synchronen Wanderfeldmaschine mit zwei beidseitig der Reaktionsschiene 22 angeordneten Ankern 21, welche durch ein magnetisches Joch 25 verbunden sind, dargestellt. Die in einer solchen Anordnung zwischen Reaktionsschiene 22 und Ankern 21 wirksamen Anziehungskräfte sind nur in völlig symmetrischer Lage ausbalanciert. Durch getrennte Regelung der Gleichstromglieder der die beiden Anker durchfließenden Ströme ist eine sichere Führung der Reaktionsschiene 22 in der Mitte zwischen beiden Ankern möglich.

Figur 6 zeigt einen Antrieb mit einseitig zur Reaktionsschiene 22 angeordneten Anker 21, dessen magnetischer Rückschluß durch ein Joch 25 gebildet wird. In dieser E-förmigen einseitigen Anordnung kann durch Regelung der Erregung - gemäß der Erfindung - und damit der Anziehungskraft zwischen Anker und Joch einerseits und Reaktionsschiene andererseits sowohl erreicht werden, daß deren Abstand konstant bleibt und als auch, daß diese Antriebsanordnung das Fahrzeug trägt.



Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen homopolaren Synchronmotors ist in Figur 7 dargestellt. Hier sind zwei Anker 21 vorgesehen, die durch ein Joch 25 derart verbunden sind, daß sich eine U-förmige Anordnung ergibt, welche durch die Gleichfelder der Wickelköpfe 6 erregt wird und deren magnetischer Kreis über Luftspalte und Reaktionsschiene 22 geschlossen wird. Bei dieser U-förmigen Anordnung kann erfindungsgemäß die Anziehungskraft auf die Reaktionsschiene 22 zum Tragen des Fahrzeuges geregelt werden.

Ergänzt man die Anordnung in Figur 7 durch einen Streusteg 33, so ist bei getrennter Regelung der Erregung beider Anker 21 eine zusätzliche Möglichkeit zur Regelung der Lage des Fahrzeuges gegeben.

Eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen homopolaren Synchronmotors zeigt Figur 8 in V-förmiger Anordnung der beiden Anker 21, welche Tragen und Führen eines Fahrzeuges ermöglicht, wobei der Neigungswinkel  $\alpha$  der Polflächen des Ankers 21 und der Polflächen der Reaktionsschiene 22 bestimmt wird durch das Verhältnis der erforderlichen Führungs- und Tragkräfte zueinander.

Für alle diese beschriebenen Anordnungen ist es im Sinne der Erfindung gleichgültig, ob die Reaktionsschiene 22 oder die Ankeranordnung ortsfest oder am Fahrzeug befestigt sind.

Schließlich ist in Figur 9 eine E-förmige, einseitige Anordnung eines Ankers 21 mit Joch 25 einer homopolaren Synchronmaschine dargestellt, bei welcher der aktive Teil 5 bzw. Anker 21 mit dem Joch 25 in einzelne, hintereinander angeordnete Blechpakete 26 von der Breite eines Zahns aufgelöst ist, zwischen denen sich die Wicklung befindet. Diese Auflösung in einzelne Blechpakete ist auch bei den anderen beschriebenen homopolaren Maschinen nach Figur 7 und 8, sowie der asynchronen Maschine nach Figur 4 möglich. Sie bietet fertigungstechnische Vorteile bei der Herstellung der linearen Maschinen.

Die in Figur 10 dargestellte, zur Speisung der Wanderfeldmaschine dienende Stromrichteranordnung besteht aus drei gesteuerten Drehstromgleichrichtern in Mittelpunktschaltung, an die die im Stern geschaltete Wanderfeldmaschine angeschlossen ist. Der Sternpunkt der Wanderfeldmaschine ist über einen zusätzlichen gesteuerten Drehstromgleichrichter mit umgekehrter Durchlaßrichtung mit dem ebenfalls in Stern geschalteten Sekundärteil des Stromrichtertransformators verbunden. Die Steuerung des Drehstromgleichrichters erfolgt in einer solchen Weise, daß das Gleichstromglied des die Wicklungen durchfließenden Stromes größer ist als die Amplitude des Wechselstromgliedes.

Bei der im Ausführungsbeispiel Figur 11 dargestellten Schaltungsanordnung sind zwei Wanderfeldmaschinen in Stern geschaltet, wobei die Sternpunkte dieser Maschinen miteinander verbunden sind. Jede der beiden Maschinen wird über jeweils drei gesteuerte Drehstromgleichrichter mit jeweils umgekehrter Durchlaßrichtung in Mittelpunktschaltung gespeist, wobei beide von der gleichen Sekundärwicklung eines Stromrichtertransformators gespeist sind. Anstelle der beiden, gegebenenfalls mechanisch miteinander gekuppelten, elektrischen Wanderfeldmaschinen können dies auch die beiden Wicklungen von synchronen homopolaren Wanderfeldmaschinen sein, wie diese in den Figuren 5, 7 und 8 dargestellt sind. Auf diese Weise wird erreicht, daß das Gleichstromglied der die Wicklungen durchfließenden Ströme nicht die Sekundärwicklung des Stromrichtertransformators durchfließt. Zu diesem Zwecke sind die Thyristoren an den beiden Stromrichterbrücken umgekehrt gepolt.

Patentansprüche

1. Antriebsanordnung bestehend aus einer mit variabler Linear-  
geschwindigkeit betriebenen, aus einer Wechsel- oder  
Gleichstromquelle über Stromrichter gespeisten elektrischen  
Wanderfeldmaschine, wobei zur Speisung der Wicklungen der  
elektrischen Maschine ein Stromrichter dient, der drei je-  
weils von einem Gleichstrom überlagerte Wechselströme er-  
zeugt, die ein Drehstromsystem bilden, und die Wicklung der  
elektrischen Maschine so aufgebaut ist, daß jeweils zwei  
Wicklungsstränge oder Leiterstäbe in einer Nut so angeord-  
net sind, daß die Gleichstromglieder der Ströme entgegen-  
gesetzte Vorzeichen aufweisen und die von den Gleichstrom-  
gliedern erzeugten Durchflutungen der beiden in jeweils  
einer Nut liegenden Wicklungsstränge bzw. Leiterstäbe sich  
gegenseitig in der Nut aufheben, die Wechselstromglieder  
jedoch zusammenwirkend ein Wanderfeld erzeugen, insbeson-  
dere nach Patent (Patentanmeldung Az. P 22 59 826.1),  
dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausbildung der elektrischen  
Maschine als asynchrone Wanderfeldmaschine (lineare Asyn-  
chronmaschine) für den Antrieb eines magnetischen Schwebefahr-  
zeuges die Wicklung in quer zur Längserstreckung der  
Maschine verlaufenden Nuten des Mittelschenkels eines im  
Querschnitt U-, E- oder V-förmigen Joches eingelegt und so  
ausgebildet ist, daß die Gleichstromglieder der die Wick-  
lung durchfließenden Ströme im Wickelkopf die gleiche  
Fließrichtung aufweisen, so daß eine Wickelkopfdurchflutung  
erzeugt wird, die einen Gleichfluß durch den Eisenteil  
treibt, welcher eine tragende Kraft auf den Sekundärteil  
der Wanderfeldmaschine ausübt.
2. Antriebsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wicklung eine als Zweischichtwicklung ausgebildete  
Schleifen- oder Wellenwicklung ist, wobei der Wickelschritt  
um ein Drittel Polteilung verkürzt ist (Fig. 1).

3. Antriebsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die asynchrone Wanderfeldmaschine eine mehrgängige Wellenwicklung als ungesehnte Zweischichtwicklung mit doppelter Zonenbreite aufweist. (3 Zonen pro Polpaarteilung)
4. Antriebsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung als Dreischichtwicklung mit konzentrisch zueinander liegenden Spulen verschiedener Weite ausgebildet ist, wobei die Spulen einer Phase jeweils nur in einer Ebene liegen und die nicht von Leitern belegten Teile der Nuten als Kühlkanäle ausgebildet sind. (Fig. 2)
5. Antriebsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulengruppen im Mittel ungesehnt sind.
6. Antriebsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem im Querschnitt E-förmigen Joch (25) der Wanderfeldmaschine, diesem ein magnetischer Rückschluß (30), eine Leiterplatte (31) sowie eine Tragschiene (29) gegenübersteht, wobei zwischen diesen und dem Joch (25) ein Luftspalt (28) besteht und die Breite der Leiterplatte (31) etwa dem Abstand der inneren Kanten der beiden äußeren Schenkel (21) entspricht, während die Breite der Tragschiene (29) etwa dem Abstand der äußeren Kanten der beiden äußeren Schenkel (21) und die Breite des magnetischen Rückschlusses (30) der Breite des mittleren Schenkels (34) entspricht. (Fig. 4)
7. Antriebsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Randzonen der Maschine zusätzliche Spulen vorgesehen sind, welche von Gleichströmen durchflossen sind, und die die Wirkung des Gleichfeldes von nur mit einer Spulenseite belegten Nuten aufheben.

- 17 -  
18

2426968

8. Antriebsanordnung bestehend aus einer mit variabler Linear- geschwindigkeit betriebenen, aus einer Wechsel- oder Gleich- stromquelle über Stromrichter gespeisten elektrischen Wanderfeldmaschine, wobei zur Speisung der Wicklungen der elektrischen Maschine ein Stromrichter dient, der drei jeweils von einem Gleichstrom überlagerte Wechselströme erzeugt, die ein Drehstromsystem bilden, und die Wicklung der elektrischen Maschine so aufgebaut ist, daß jeweils zwei Wicklungsstränge oder Leiterstäbe in einer Nut so angeordnet sind, daß die Gleichstromglieder der Ströme entgegengesetzte Vorzeichen aufweisen und die von den Gleichstromgliedern erzeugten Durchflutungen der beiden in jeweils einer Nut liegenden Wicklungsstränge bzw. Leiter- stäbe sich gegenseitig in der Nut aufheben, die Wechsel- stromglieder jedoch zusammenwirkend ein Wanderfeld er- zeugen, insbesondere nach Patent (Patentanmeldung Az. P 22 59 826.1), dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausbil- dung der elektrischen Maschine als homopolare synchrone Wanderfeldmaschine mit einem Primärteil und einer diesem gegenüberliegenden Reaktionsschiene für den Antrieb eines magnetischen Schwebefahrzeuges, die Wicklung in einer solchen Weise ausgebildet ist, daß die Gleichstromglieder der die Wicklung durchfließenden Ströme im Wickelkopf die gleiche Fließrichtung aufweisen, so daß eine Wickelkopf- durchflutung erzeugt wird, die einen Gleichfluß durch den Eisenteil treibt, welcher zur Erregung der Maschine dient, und die durch das Magnetfeld der Gleichdurchflutung ausgeübte Kraft zusätzlich zum Tragen des Schwebefahrzeuges herangezogen wird.
9. Antriebsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung der synchronen Wanderfeldmaschine eine ungesehnte Zweischichtwicklung doppelter Zonenbreite ist. (Fig. 1)

- 18 -

10. Antriebsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung der homopolaren synchronen Wanderfeldmaschine eine im Mittel ungesehnte Dreischichtwicklung doppelter Zonenbreite ist. (Fig. 2)
11. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die homopolare synchrone Wanderfeldmaschine zwei beidseitig der Reaktionsschiene (22) angeordnete Anker (21) mit jeweils einer getrennten Wicklung aufweist, welche durch ein U-förmiges magnetisches Joch (25) verbunden sind. (Fig. 5)
12. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Primärteil der elektrischen Wanderfeldmaschine einen E-förmigen Querschnitt aufweist, wobei die die Wicklung aufnehmenden Nuten etwa rechtwinklig zur Längserstreckung von der Oberseite des mittleren Schenkels her nach innen verlaufen. (Fig. 6)
13. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Primärteil der elektrischen Wanderfeldmaschine einen U-förmigen Querschnitt aufweist, wobei die beiden äußeren Schenkel (21) jeweils Nuten aufweisen, welche etwa rechtwinklig zur Längserstreckung von der Oberseite der Schenkel (21) nach innen verlaufen und in die zwei getrennte Wicklungen eingelegt sind. (Fig. 7)
14. Antriebsanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den beiden mit Wicklungen versehenen Schenkeln (21) ein zusätzlicher Streusteg (33) vorgesehen ist. (Fig. 7)

15. Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Primärteil der elektrischen Wanderfeldmaschine einen V-förmigen Querschnitt aufweist, wobei die den Schenkeln des Primärteiles gegenüberstehenden Flächen der Reaktionsschiene (22) quer zur Längserstreckung der Maschine gegenüber der Horizontalen abgeschrägt verlaufen und auch die diesen Flächen zugewandten Flächen der V-förmigen Schenkel (21) etwa die gleiche Schrägung aufweisen und die die Wicklung aufnehmenden Nuten in den Schenkeln eine gleichmäßige Tiefe haben. (Fig. 8)
16. Antriebsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung des bzw. der die Wicklung tragenden Schenkel (21) des Primärteiles in einzelne hintereinander angeordnete Blechpakete (26) von der Breite eines Zahns aufgelöst ist, und die Wicklung sich in den Zwischenräumen zwischen diesen Zähnen befindet. (Fig. 9)
17. Antriebsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die die elektrische Wanderfeldmaschine speisende Stromrichteranordnung aus drei gesteuerten Drehstromgleichrichtern in Mittelpunktschaltung besteht und daß ein zusätzlicher gesteuerter Drehstromgleichrichter mit umgekehrter Durchlaßrichtung zwischen dem Sternpunkt des in Stern geschalteten Antriebsmotors und den Anschlüssen der ebenfalls in Stern geschalteten Sekundärwicklungen des Stromrichtertransformators zwischengeschaltet ist. (Fig. 10)
18. Antriebsanordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung des Drehstromgleichrichters in einer solchen Weise erfolgt, daß das Gleichstromglied des die Wicklungen durchfließenden Stromes größer ist als die Amplitude des Wechselstromgliedes.

19. Antriebsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an die Anschlüsse eines in Stern geschalteten Sekundärteiles des Stromrichtertransformators über jeweils drei Drehstromgleichrichter mit jeweils umgekehrter Durchlaßrichtung zwei elektrische Maschinen angeschlossen sind, wobei diese Maschinen in Stern geschaltet und die Sternpunkte der beiden Maschinen miteinander verbunden sind. (Fig. 11)



**22**  
Leerseite

H02P

7-36

AT:04.06.1974 OT:02.01.1976

Fig.1

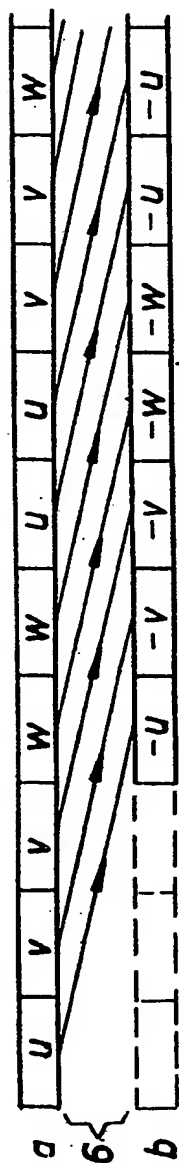


Fig.2

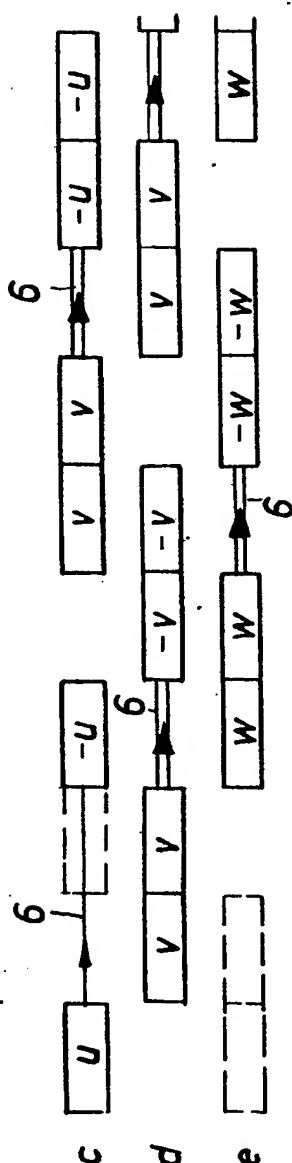
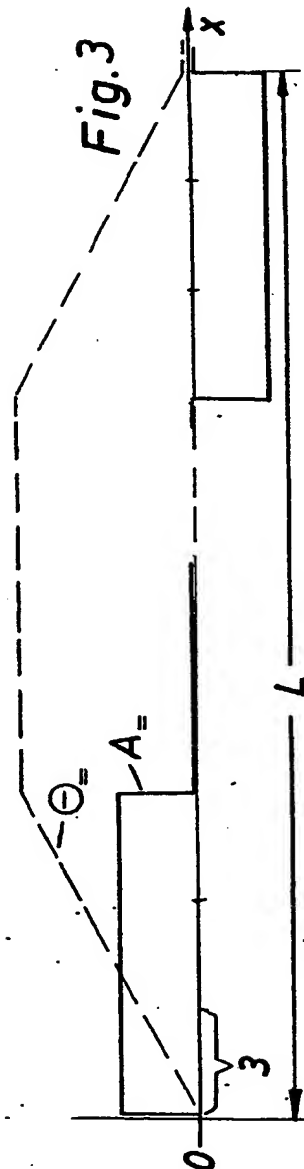


Fig.3



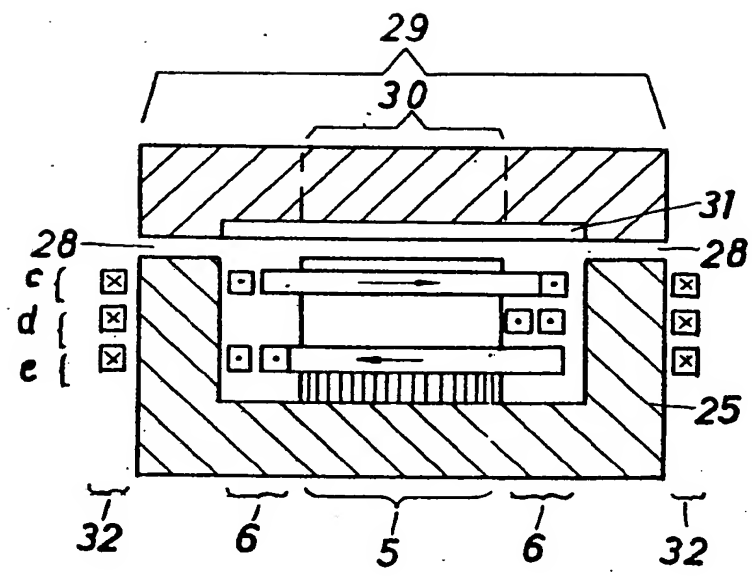


Fig. 4

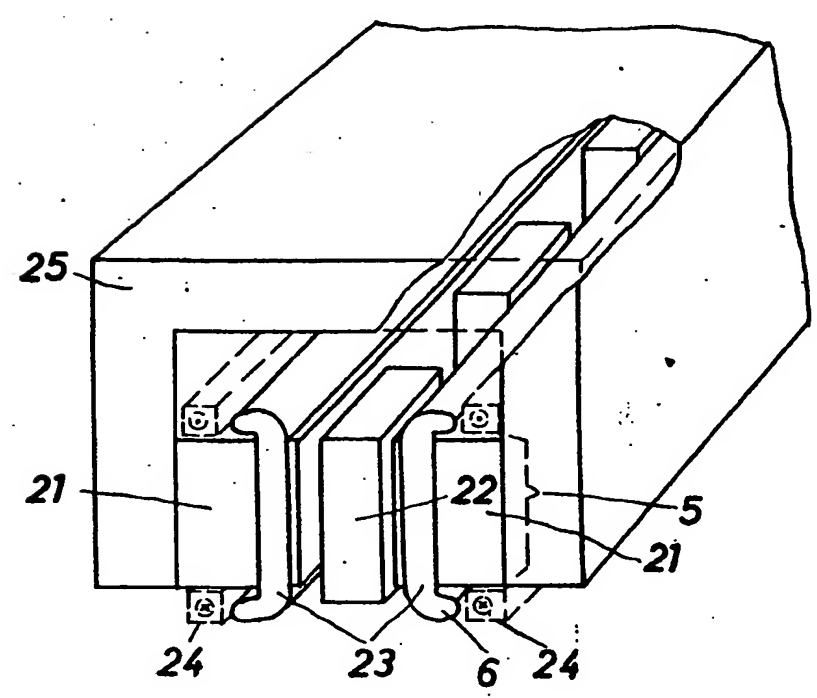


Fig. 5

24-

2426968

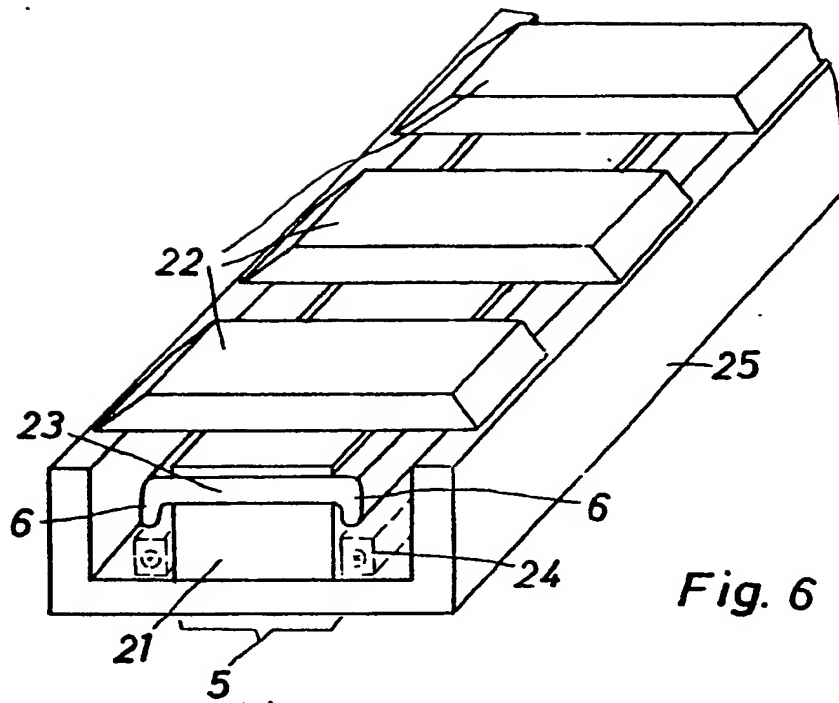


Fig. 6

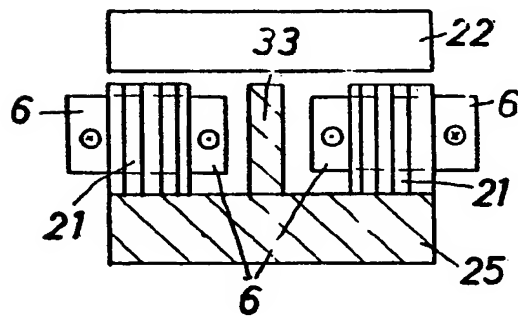


Fig. 7

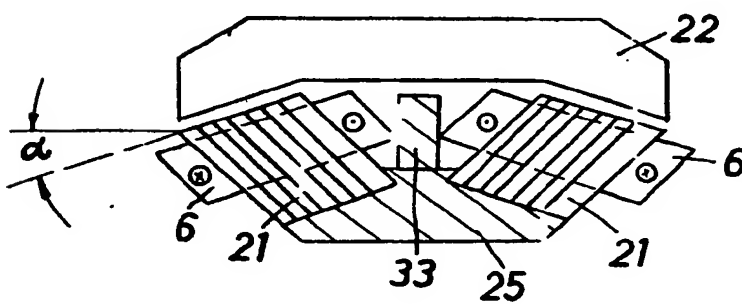


Fig. 8

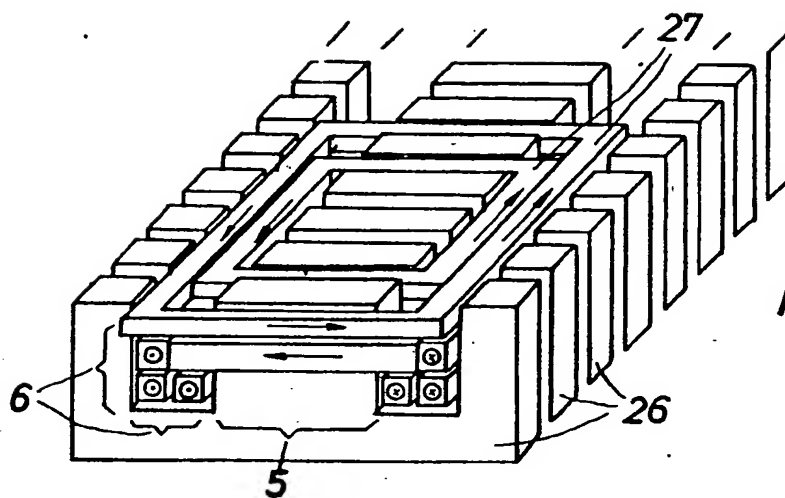


Fig. 9

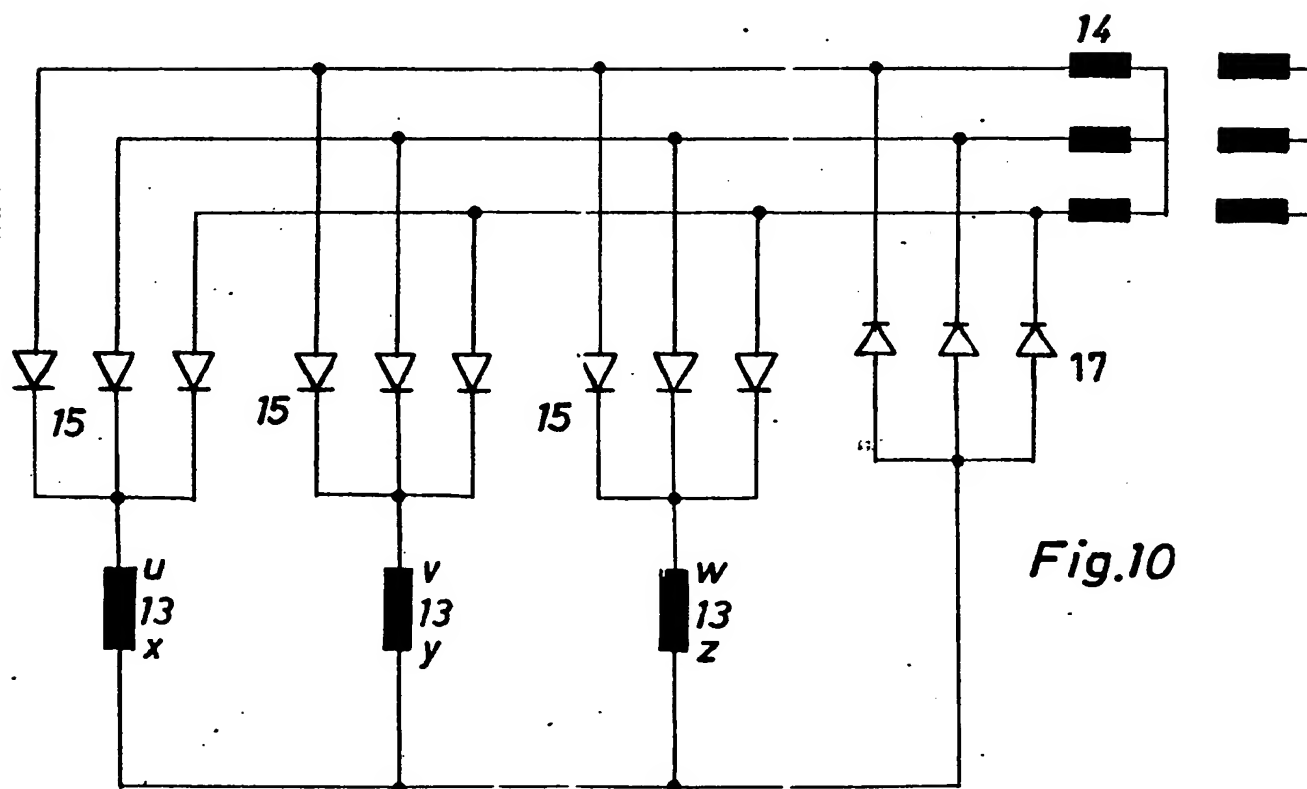


Fig. 10

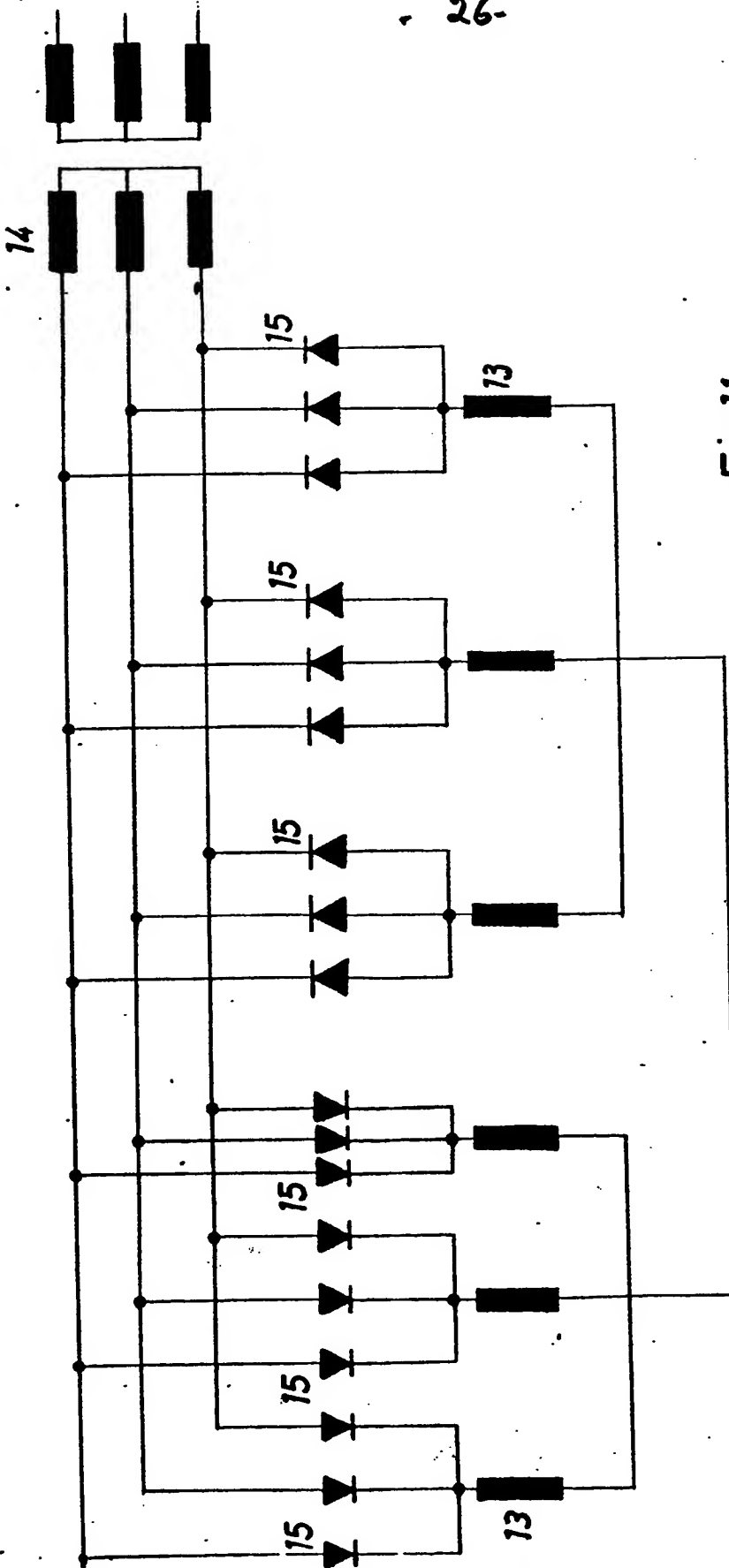


Fig.11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**